

法政大学学術機関リポジトリ  
HOSEI UNIVERSITY REPOSITORY

## 深層学習を用いた要求分類に関する研究

著者	安齋 太地
出版者	法政大学大学院理工学・工学研究科
雑誌名	法政大学大学院紀要．理工学・工学研究科編
巻	58
発行年	2017-03-31
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10114/13595">http://hdl.handle.net/10114/13595</a>

# 深層学習を用いた要求分類に関する研究

## STUDY ON REQUIREMENTS CLASSIFICATION USING DEEP LEARNING

安齋 太地

Taichi Anzai

指導教員 玉井 哲雄

法政大学大学院理工学研究科システム理工学専攻（創生科学系）修士課程

*It is important that requirements are clearly defined in software development, because they greatly affect the final correctness and the quality of software. To support producing higher-quality requirements, we propose an approach to classify requirements into functional requirements and non-functional requirements using the deep learning technology. We convert each request description sentence into a vector using Doc2Vec and classify it with a convolution neural network.*

**Key Words :** Requirement Engineering, Deep Learning, Functional / Non-functional requirements

### 1. はじめに

近年、スマートフォンや家電製品をはじめとして、我々の身の回りには様々なソフトウェアによって制御されているモノが溢れ返るようになった。それに伴いソフトウェア開発の現場においては、ソフトウェアの大規模化、短期納期化、複雑化、多種多様化の一途を辿っている。その原因には、各企業が市場競争に勝ち残るために短期開発を目指す点や、ユーザーの多種多様なニーズに応えるためにソフトウェアの大規模化や複雑化をもたらすこと、同時にソフトウェアの品質向上が求められることなどが挙げられる。従来、開発されるソフトウェアは単一システムの形態が求められていたが、インターネット環境の普及に伴い、ネットワーク化されたシステムの開発。さらには、別々のシステムを連結することにより、システムのシステム（SoS: system of systems）と呼ばれる形態が求められるようになったことも大きな要因である。

ソフトウェア開発工程において、要求が明確に定義されているか否かによって、ソフトウェアの最終的な完成度や質に大きく影響を与えるため、要求定義は非常に重要な意味を持つ。質の高い要求仕様書を作成するために、システムの発注者の要求や技術的な制約を考慮して、機能要求と非機能要求を明確にすることが重要となる[1]。それには、要求を記述していく際、獲得した要求を分類することにより、要求の性質を明らかにし、要求に矛盾がないこと、曖昧さがなく、意味が重複していないこと、要求に漏れがないこと等を確認しつつ、要求間の類似性や網羅性等を分析することが重要である[2]。しかし、開発すべきシステムが複雑になるにつれ、得られる要求も膨大で複雑になり、要求の性質による分類が難し

くなるとともに、要求同士のトレードオフの関係を明確にすることが困難になる。また、人の手で要求分類を行う際には、多大な時間や労力がかかるという問題もある。

そこで本研究では、Google の技術者であった Le & Mikolov によって開発された Doc2Vec[3]を用いて要求記述文をベクトル分散表現に変換し、深層学習の手法の 1 つである畳み込みニューラルネットワークを用いて要求の分類を行う。要求の分類では、要求記述文の機能要求と非機能要求への分類を試みる。また、機械的な判断で要求の性質を明確にすることを目標とする。深層学習を用いて機能要求と非機能要求の分類を行う点において、本研究には新規性があると考えられる。

### 2. 関連研究

要求分類の類似研究として、Cleland-Huang ら[4]は、自由形式要求文書を対象に非機能要件（NFR）の自動分類を行った。この研究では、セキュリティ、パフォーマンス、ユーザビリティなどのプロパティに関連する非機能要件の検出と分類を自動化することを目的としており、これを解決する為に NFR-分類器を開発した。

自然言語処理に深層学習を活用した類似研究として、Kim[5]らはムービーレビュー、主観感情分類や TREC 質問データセットなどの様々な文章データを対象に単語のベクトル分散表現獲得手法である Word2Vec[6], [7]と畳み込みニューラルネットワークを用いて文章分類を行った。本研究では、Doc2Vec を用いて要求記述文のベクトル分散表現を獲得し、分類を行うのでこの研究とは手法が若干異なる。

### 3. 要求分類の種別決定

#### (1) 要求の分類

ソフトウェア要求を大きく分類すると、機能要求と非機能要求の2つに分けられる[8].

##### a) 機能要求

機能要求は、開発するシステムに求められる機能全般に関する要求を指し、システムで実現しなければならない動作そのものの要求のことである。

機能要求を分類する難しさは、開発するシステムによって求められる要求が大きく異なるため、分類の仕方が開発案件によって大きく異なる点である。例えば、家電の組み込みシステムの開発とスマホのアプリケーション開発を比較した際、前者に求められる機能要求は、家電製品で実現しなければならない動作に関する細かな制御要求が大半を占める。対して、後者に求められる機能要求は、システム動作に加えて、ユーザーインターフェース上の動作や操作性に比重が置かれる。そのため、機能要求を分類するには、開発するシステムの目的を考慮した上で、必要な機能ごとに分類する必要がある。

##### b) 非機能要求

非機能要求は機能要求以外の要求全般のことを指し、ソフトウェアの品質要求に関する国際標準規格であるISO25010[9]にて定められている。非機能要求の特性上、これらの要求が充実するほど、そのソフトウェアの品質が向上するため、開発するシステムに沿って最適な非機能要求を定めることは重要な意味を持つ。

非機能要求を分類する難しさは、ユーザーが満足できるようにニーズに沿って最適な非機能要求を決定していく必要があるが、洗い出す非機能要求はISO25010で定められている8つの品質特性からも分かるように多岐にわたるため、個々の要求をどの特性として判別するのが難しい点にある。

#### (2) 要求の分類種別の決定

##### a) 対象とした要求仕様書

インターネット上より収集した要求仕様書を対象に学習データの作成を行った。対象とした要求仕様書の一覧を下記に示す。

- 守山市下水道事業企業会計システム[10]
- 医療情報システム一式・要求仕様書・案[11]
- 勤怠管理システム機能要求一覧[12]
- 機能要求一覧表[13]
- 機能要求項目一覧表[14]
- 詳細機能要求項目一覧[15]
- 給食費管理システム 機能要求一覧[16]
- 図書館情報システム基本設計書[17]
- 非機能要求指標[18]
- 京都府立新総合資料館（仮称）統合情報システム調達仕様書（案）[19]
- 図書系システム機能要求仕様書（案）[20]
- システム基盤の非機能要求に関するグレード表

[21]

- 水道料金システム機能要求仕様書[22]

##### b) 要求の分類種別の決定

本研究では、機能要求に対して収集した要求仕様書に応じて4つの分類種別を定めた。これは収集した要求仕様書が様々な種類のシステムを対象としているので、これらに共通する大まかな枠組みとして、機能要求の種別を定める必要があったためである。非機能要求の分類は、ISO25010に従い、品質特性ごとに8個の分類種別を設けた。要求の種類ごとにまとめたものを表1に示す。

表 1 要求の種類

機能要求	ユーザーインターフェースに関する要求
	システム機能に関する要求
	データベースに関する要求
	外部インターフェースに関する要求
非機能要求	機能適合性に関する要求
	性能効率性に関する要求
	互換性に関する要求
	使用性に関する要求
	信頼性に関する要求
	セキュリティに関する要求
	保守性に関する要求
	移植性に関する要求

### 4. 段落のベクトル分散表現と深層学習を用いた要求分類

#### (1) 分類手法の提案とその概要

本研究にて提案する手法は、段落のベクトル分散表現獲得手法であるDoc2Vecと畳み込みニューラルネットワークによる分類を組み合わせたものである。提案手法の概要図を図1に示す。はじめに、要求仕様書から抽出した要求記述文を形態素解析エンジン「Kuromoji[23]」に入力し、文の分かち書きを行う。その後、分かち書きされた要求記述文をDoc2Vecにて、ベクトル分散表現に変換し、学習データとテストデータの2つに分ける。次に、得られた学習データを入力とし、畳み込みニューラルネットワークにて教師あり学習を行う。学習データを入力する際は、同時に正解ラベルを付与する。最後に、学習が完了した畳み込みニューラルネットワークに正解ラベルを付与したテストデータを入力し、要求分類を行い、出力された分類カテゴリと正解ラベルが一致するかの判定を行い、正解率にて評価する。

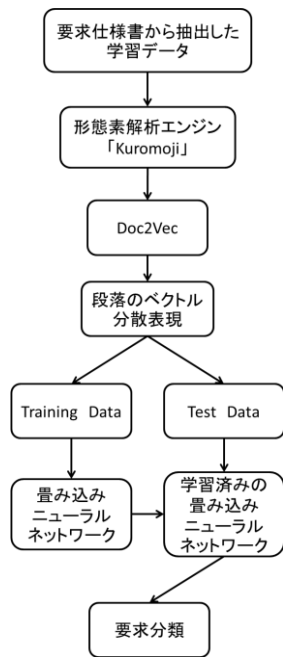


図 1 提案手法モデルの概要図

## (2) Doc2Vec の概要

Doc2Vec[3]は、Le & Mikolov らによって考案された段落のベクトル分散表現の獲得手法である。Doc2Vec は、文脈から単語と段落のベクトル分散表現を同時に学習するニューラルネットワークモデルであり、文脈中に登場する単語を予測するように学習を行う。そのため、文脈の流れを考慮することができるという特徴を持つ。また、Doc2Vec は、可変長のテキストデータから固定長のベクトル分散表現を生成することが可能であるため、機械学習の分類器の入力として利用することが可能である。

Le & Mikolov らは、段落ベクトルの学習手法として、PV-DM と PV-DBOW の 2 つのモデルを提案している。

### a) PV-DM(Paragraph Vectors-Distributed Memory)

PV-DM モデルは、Word2Vec の CBOW モデルを拡張したモデルで、文脈から単語を予測するモデルである。段落ベクトルと予測する単語の周辺単語ベクトルを平均化あるいは結合したものを入力とし、新たな段落ベクトルとする。最後に出力層にて、結合化された文脈ベクトルから対象となる単語を予測する。

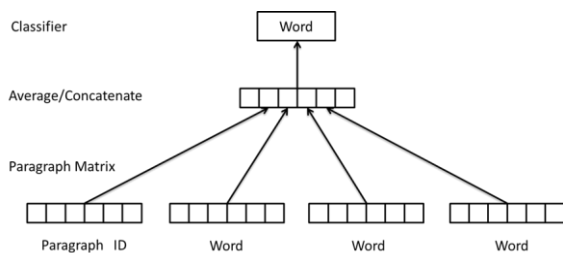


図 2 PV-DM モデル[3]

### b) PV-DBOW(Paragraph Vectors-distributed bag of words)

PV-DBOW モデルは、Word2Vec の Skip-gram モデルを拡張したモデルで、段落ベクトルから文脈中に登場する周辺単語を予測するモデルである。PV-DM モデルとは異なり、単語ベクトルの行列  $W$  を学習する必要がないため、保持するパラメータが少なくなり、データ容量を削減することができる。

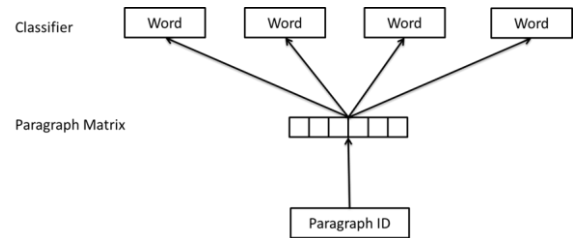


図 3 PV-DBOW モデル[3]

本研究で扱う要求記述文は、それぞれの長さが異なるテキストデータであるため、そのまま学習器に入力することはできない。何らかの数値データに置き換える必要がある。本研究では、Doc2Vec を用いて、長さの異なる可変長の要求記述文を固定長のベクトル分散表現に変換し、それを学習器の入力とした。PV-DM 法では、段落ベクトルと単語ベクトルを結合した段落ベクトルを入力とし、PV-DBOW 法では、学習して得られた段落ベクトルそのものを入力とした。段落のベクトル分散表現の獲得には自然言語処理ライブラリである Gensim[24]を利用している。本研究では、段落ベクトルを基本的に 1 段落 1 文としているが、要求によっては、2 文、3 文と複数の文から構成される場合もある。

### (3) 畳み込みニューラルネットワーク

畳み込みニューラルネットワーク (Convolutional Neural Networks) は、畳み込み層とプーリング層と全結合層から構成される順伝播型ニューラルネットワークで、誤差逆伝播法によって学習を行う。畳み込みニューラルネットワークの最大の特徴は、局所受容野および重み共有と呼ばれる特別な層間結合を持つことである[25]。また、入力データの位置的な情報を重視することから、Doc2Vec で獲得した要求記述文のベクトル分散表現における文脈の流れを考慮した最適な分類に期待が持てる。

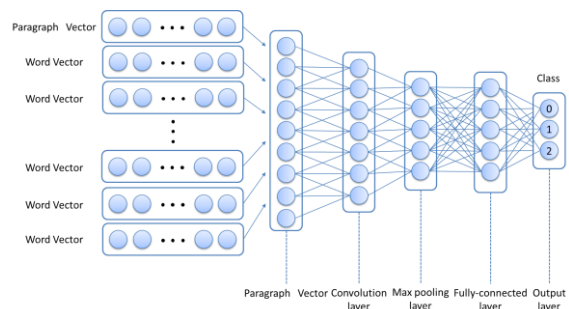


図 4 畳み込みニューラルネットワーク

## 5. 要求分類実験

### (1) 要求分類実験

最適なハイパーパラメータを決定した後、非要求、機能要求、非機能要求の3つのカテゴリに分類したモデルで、PV-DM+CNN、PV-DBOW+CNN、PV-DM+MLP、PV-DBOW+MLPの4つの分類手法を用いて学習精度の比較検証を行う。ここでのCNNは畳み込みニューラルネットワークを指し、MLPは多層パーセプトロンを指す。

また、上記の4つの分類手法の中で最も正解率の高かった分類手法を用いて、機能要求と非機能要求をカテゴリごとに分類した検証実験を行う。

### (2) 実験結果

表2 分類手法の精度評価

分類手法	正解率
PV-DM+CNN	0.802
PV-DBOW+CNN	<b>0.860</b>
PV-DM+MLP	0.772
PV-DBOW+MLP	0.837

表3 PV-DBOW+CNNで分類した際の正解率

	正解率
機能要求	0.831
非機能要求	0.458

表4 機能要求のカテゴリごとの各評価指標

	適合率	再現率	F値
ユーザーインターフェースに関する要求	0.81	0.80	0.81
システムの機能に関する要求	0.85	0.89	0.87
データベースに関する要求	0.25	0.08	0.12
外部インターフェースに関する要求	0.40	0.36	0.38

表5 非機能要求のカテゴリごとの評価指標

	適合率	再現率	F値
機能適合性に関する要求	0.44	0.42	0.43
性能効率性に関する要求	0.67	0.62	0.64
互換性に関する要求	0.38	0.27	0.32
使用性に関する要求	0.28	0.31	0.29
信頼性に関する要求	0.45	0.39	0.42
セキュリティに関する要求	0.61	0.63	0.62
保守性に関する要求	0.45	0.54	0.49
移植性に関する要求	0.25	0.20	0.22

## 6. 考察

表2から各分類手法を比較した結果、正解率が高い順に並べると、PV-DBOW+CNN、PV-DBOW+MLP、PV-DM+CNN、PV-DM+MLPという結果になった。このことから、要求分類において、Doc2Vecによる要求記述文のベクトル分散表現の獲得には、PV-DBOWモデルの方が優れており、深層学習による分類手法では、畳み込みニューラルネットワークが最適であることが分かった。

表3から、4カテゴリに分類した機能要求では正解率が0.831に達したことから、精巧な精度で分類ができたことが判明した。しかし、カテゴリごとに見るとデータベースに関する要求と外部インターフェースに関する要

求の適合率と再現率が低いことが分かった。これは今回対象とした要求仕様書から抽出したこれらのカテゴリデータ数が少なかったためであると考えられる。一方、非機能要求の正解率は0.458という結果であった。これはカテゴリ数が8つと多かったため、分類が難しかったこともあるが、要求仕様書から抽出した結果、非機能要求のカテゴリデータ数が少なかったことも原因としてあげられる。この問題の改善策として、対象とする要求仕様書を増やし、各品質特性のデータ数を増やすことが考えられる。また、分類事例を具体的に見た結果、一つの要求記述文に複数の要求が含まれていたために、分類精度が低下していたことが分かった。

本研究では、分野の異なる13の様々なシステムの要求仕様書を対象に要求分類を行った結果、機械的な判断で要求記述文を機能要求と非機能要求に分類することができた。分野が多岐にわたる要求仕様書を対象に高い精度の分類結果が得られたことは、提案した手法が汎用的で幅広いシステムへの適用可能性を示すものであり、その有効性を確認できたと言える。

また、提案した手法の想定される活用例として、要求仕様書を作成する際に、仕様書に記載される要求記述文が非要求文と機能要求文と非機能要求文に分類されることにより、要求仕様書の作成者は、それらの比率のバランスを見ることができ、それが適切なものか一目で直感的に判断することができ、要求を整理し、図表化するといった仕様化が容易となる。さらに機能要求を4種類、非機能要求を8種類のサブカテゴリに分類することでは、要求の性質ごとに自動分類した結果の精度をさらに高めることで、より質の高い要求仕様書の作成の一役として期待できる。要求の性質ごとに分類された要求をチェックすることで、その中の要求に重複はないか、要求の漏れはないか、曖昧な要求はないか等の要求確認をカテゴリごとに行うことができる。要求確認をした結果、要求の不足や矛盾が発見できた場合、その要求記述文の追加・修正をすることで、要求仕様書のさらなる改善に繋げることが想定される。このように、提案した手法を用いることで、要求を自動的に分類することによる労力の削減や要求仕様書の質を高めるといった観点で有効に活用することができるものと考えられる。

## 7. おわりに

本研究では、機能要求と非機能要求を分類するために、要求の分類種別を定めて、要求仕様書から抽出した要求記述文のデータをDoc2Vecと畳み込みニューラルネットワークを用いて要求の分類を行った。その結果、要求の分類には、PV-DBOW法と畳み込みニューラルネットワークを組み合わせた手法による分類が最適であることが分かった。また、本研究では、Doc2Vecで要求記述文の文脈を考慮しつつ、入力データの位置的な情報を重視する畳み込みニューラルネットワークを用いて要求分類を

行ったため、最適な分類ができたものと考えられる。

本研究の今後の展望として、更なる分類器の精度向上のために、不足していたデータベースと外部インターフェースに関する要求データと非機能要求のデータ数を全体的に増やすことが考えられる。あるいは、データ数が少なかったカテゴリにおいて、学習の重みを増やすことで、分類精度が向上するものと考えられる。他に考えられる改善点としては、分類ラベルをマルチラベルにすることで、1つの要求記述文に対して、複数の要求に分類することが挙げられる。これにより、1つの要求記述文に複数の要求が含まれていたことによって誤答した問題を解決し、分類精度の向上を図ることができるのではないかと考えられる。

謝辞：

本研究を進めるにあたって、ご指導・ご鞭撻を頂きました玉井哲雄教授に深く感謝を申し上げます。並びに、数々のご助言を頂きましたソフトウェア工学研究室の皆様に謹んで感謝を申し上げます。

#### 参考文献

- 1) 尾形慎哉, 亀和田慧太, 相沢直人: ユーザー視点から機能要求・非機能要求を導出するアプローチに関する検討, ヒューマンフェースシンポジウム, 2011
- 2) 一般社団法人 情報サービス産業協会 REBOK 企画 WG 編: 要求工学知識体系, 近代科学社, 2011
- 3) Quoc Le & Tomas Mikolov: Distributed representations of sentences and documents, arXiv preprint arXiv:1405.4053v2, 2014
- 4) Jane Cleland-Huang, Raffaella Settini, Xuchang Zou, & Peter Solc: Automated classification of non-functional requirements, Requirements Eng. (2007) 12:103–120
- 5) Yoon Kim: Convolutional neural networks for sentence classification. In *Proceedings of the Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*, pp. 1746–1751, 2014
- 6) Tomas Mikolov, Kai Chen, Greg Corrado, and Jeffrey Dean: Efficient estimation of word representations in vector space. arXiv preprint arXiv:1301.3781, 2013.
- 7) Tomas Mikolov, Ilya Sutskever, Kai Chen, Greg S Corrado, and Jeff Dean: Distributed representations of words and phrases and their compositionality. In *Advances in Neural Information Processing Systems*, pp. 3111–3119, 2013.
- 8) Martin Glinz, "On Non-Functional Requirements", 15th International Conference on Requirements Engineering (RE'07)
- 9) ISO/IEC 25010:2011, Software Engineering
- 10) 守山市下水道事業企業会計システム,  
[https://www.city.moriyama.lg.jp/keiyaku/documents/4\\_shiyousho\\_shisutemukinouyoukyuukoumokitiran.xls](https://www.city.moriyama.lg.jp/keiyaku/documents/4_shiyousho_shisutemukinouyoukyuukoumokitiran.xls)
- 11) 医療情報システム一式・要求仕様書・案,  
<http://www.nirs.go.jp/information/procurement/bid/pdf/5844-1.pdf>
- 12) 勤怠管理システム機能要求一覧,  
<http://www.city.okayama.jp/contents/000167463.pdf>
- 13) 機能要求一覧表,  
<http://www.pref.nara.jp/secure/107002/kinouyouken2.pdf>
- 14) 機能要求項目一覧表,  
[http://www.town.hayama.lg.jp/kurasu/kankyo/xls/151928\\_proposal05.xlsx](http://www.town.hayama.lg.jp/kurasu/kankyo/xls/151928_proposal05.xlsx)
- 15) 詳細機能要求項目一覧,  
<http://www.town.kanda.lg.jp/var/rev0/0004/2782/201689154037.xls>
- 16) 給食費管理システム 機能要求一覧,  
<http://www.city.kudamatsu.lg.jp/kyo-soumu/kyusyoku/documents/kinouyoukyu.xlsx>
- 17) 図書館情報システム基本設計書,  
<http://www.city.yokohama.lg.jp/kyoiku/library/nyuusatsu/05.pdf>
- 18) 非機能要求指標,  
[http://www.juas.or.jp/product/download/shihyou\\_1DL.xls](http://www.juas.or.jp/product/download/shihyou_1DL.xls)
- 19) 京都府立新総合資料館 (仮称) 統合情報システム調達仕様書 (案),  
[http://www.pref.kyoto.jp/shiryokan/documents/shiryokanrfi\\_01.pdf](http://www.pref.kyoto.jp/shiryokan/documents/shiryokanrfi_01.pdf)
- 20) 図書系システム機能要求仕様書 (案),  
[http://www.pref.kyoto.jp/shiryokan/documents/shiryokanrfi\\_02.pdf](http://www.pref.kyoto.jp/shiryokan/documents/shiryokanrfi_02.pdf)
- 21) システム基盤の非機能要求に関するグレード表,  
<http://www.ipa.go.jp/sec/softwareengineering/reports/20100416.html>
- 22) 水道料金システム機能要求仕様書,  
<http://www.city.ashikaga.tochigi.jp/uploaded/attachment/18739.pdf>
- 23) Kuromoji, <https://www.atilika.com/ja/products/kuromoji.html>
- 24) Gensim, <https://radimrehurek.com/gensim/>
- 25) 岡谷貴之: 深層学習, 講談社, 2015